

WET TROPOSPHERIC DELAYS FORECAST BASED ON VIENNA MAPPING FUNCTION TIME SERIES ANALYSIS

Zofia RZEPECKA¹⁾, Jakub Zbigniew KALITA²⁾

¹⁾ Faculty of Geodesy, Geospatial and Civil Engineering,

University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Prawocheńskiego 15, 10-720 Olsztyn, Poland

²⁾ Department of Civil Engineering, Environmental Engineering and Geodesy,

Koszalin University of Technology, Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin, Poland

Corresponding author's e-mail: zofia.rzepecka@uwm.edu.pl, jakub.kalita@tu.koszalin.pl

Abstract. The proposed short-term forecasting method bases on removing periodic signals basing on frequency analysis and then using modern tools of time series analysis on residuals. For this element the Auto-Regressive Integrated Moving Average forecasting model is used. The practical realization contains the analysis of tropospheric data obtained from the Vienna Mapping Function 1 service. The analysis contains time series data from years 2013 and 2014 and several permanent stations located in Central Europe region. For all stations two main signals: annual and semiannual were removed using sine and cosine linear regression leaving residuals that still do not act as a white noise processes. For each of the analysed data sets appropriate parameters of the ARIMA model were evaluated and the accuracy of forecast values was analysed. The residuals of these expanded processes are white, therefore the estimated ARMA processes can be used for forecasting the future values. One-step forecasts based on the above models are estimated to be within a few cm depending on the level of confidence (80% or 95%). Unfortunately, its confidence level quickly drops down with the increase of forecast period (four epochs completes 24h).

Keywords: wet tropospheric delay, time series analysis, forecast, ARMA, ARIMA, power spectral density analysis, FFT

Analiza wieloletnich zmian parametrów troposferycznych ZTD pochodzących z ponownego opracowania sieci EPN (Repro2)

Bałdysz Z., Nykiel G., Araszkiewicz A., Szafranek K., Figurski M.

Abstract

System GPS nabiera kluczowego znaczenia w badaniach związanych z monitorowaniem klimatu. Wynika to przede wszystkim z faktu, iż zaawansowane opracowywanie obserwacji pozwala wyznaczyć parametry troposferyczne, których wielkość odzwierciedla fizyczne właściwości atmosfery z bardzo wysoką rozdzielczością czasową oraz przestrzenną. Spójna strategia obliczeniowa zaadoptowana do wszystkich zarchiwizowanych obserwacji, pozwala otrzymać długie (przynajmniej 16-letnie) i jednorodne szeregi czasowe parametru ZTD (Zenith Tropospheric Delay), które są kluczowe dla wykonywania badań klimatycznych z wykorzystaniem systemu GPS. Poniższa praca przedstawia wyniki analizy 16-letnich i 18-letnich szeregów czasowych ZTD, otrzymanych z ponownego opracowania (Repro2) sieci EPN (EUREF Permanent Network), przeprowadzonej w Centrum Analiz EPN Wojskowej Akademii Technicznej (AC MUT). Dla wszystkich stacji włączonych do analizy przeprowadzono ocenę jakości danych oraz eliminację rozwiązań odstających. Następnie, w celu uzyskania informacji na temat oscylacji występujących w szeregach czasowych, dla każdej stacji przygotowano periodogramy Lomb-Scargla. Do wyznaczenia wielkości trendu liniowego oraz wielkości amplitud oscylacji wykorzystano Metodę Najmniejszych Kwadratów (MNK), a następnie obecność trendu, wyznaczonego przy użyciu MNK, zweryfikowano stosując test Mann'a-Kendall'a.

Analiza czasowo-częstotliwościowa zmian temperatury powierzchniowej oceanu światowego

Maria Zbylut-Górska¹, Wiesław Kosek¹, Agnieszka Wnęk¹, Tomasz Niedzielski²

¹) Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

²) Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska. Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego. Uniwersytet Wrocławski

Efekt steryczny, związany z termicznym rozszerzaniem się wód oceanu na skutek globalnego wzrostu średniej temperatury na Ziemi, głównie ze względu na efekt cieplarniany, stanowi jedną z głównych przyczyn geofizycznych powodujących zmiany poziomu oceanu światowego. Przeprowadzona analiza czasowo-częstotliwościowa za pomocą filtru środkowoprzepustowego transformaty Fouriera pozwoliła na wyznaczenie najbardziej charakterystycznych oscylacji występujących w zmianach temperatury powierzchniowej oceanu (Sea Surface Temperature - SST). Dla całego oceanu, jego północnej i południowej półkuli oraz szerokości geograficznych obszarów zwrotnikowych i strefy umiarkowanej wyznaczone zostały średnie widma amplitudowe. Można zauważyć, że najbardziej energetycznymi oscylacjami występującymi w zmianach temperatury powierzchniowej są oscylacja roczna i półroczna.

Analiza pokazała, że oscylacje te dla średnich szerokości geograficznych mają dwa razy większą wartość niż dla pozostałych rejonów oceanu. Dodatkowo wyznaczone zostały średnie amplitudy zmian temperatury powierzchniowej oceanu w funkcji szerokości i długości geograficznej dla całego oceanu dla oscylacji rocznej i półrocznej oraz dla oscylacji o krótszych okresach.

Uzyskane wyniki analiz zmian temperatury powierzchniowej oceanu porównane zostały z wynikami analiz anomalii zmian poziomu oceanu (Sea Level Anomaly – SLA) wyznaczonymi z obserwacji altimetrycznych.

Słowa kluczowe:

temperatura powierzchniowa oceanu, zmiany poziomu oceanu światowego, altimetria satelitarna, efekt steryczny

Wyznaczanie parametrów ruchu obrotowego Ziemi oraz współrzędnych stacji z wykorzystaniem różnych strategii opracowania obserwacji VLBI

Agata Wielgosz¹, Monika Tercjak², Aleksander Brzeziński^{1,2}

¹Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk, ²Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej

Interferometria bardzo długich baz (ang. *Very Long Baseline Interferometry* - VLBI) jest jedyną techniką kosmiczną pozwalającą na pomiar wszystkich parametrów orientacji przestrzennej Ziemi (ang. *Earth Orientation Parameters* - EOP), dlatego też rola VLBI jest nieoceniona w wyznaczeniu zmian czasu uniwersalnego, nutacji oraz ruchu bieguna. Mimo iż obserwacje VLBI są wykonywane od ponad trzech dekad, procedura opracowania obserwacji jest wciąż niezunifikowana. Wielu autorów proponuje i stosuje różne podejścia, jednak nadal nie ma jednoznacznych wytycznych dotyczących wagowania stacji lub wektorów mających znacznie większe rezydua. W naszej pracy testujemy różne podejścia do wagowania obserwacji oraz ich wpływ na wyznaczenie EOP oraz współrzędnych stacji. Dodatkowo testowane są pewne parametry statystyczne wykorzystywane jako wskaźniki sugerujące wykluczenie bądź wagowanie stacji lub wektorów. Dla każdego podejścia zostały wyznaczone parametry orientacji Ziemi oraz współrzędne stacji, co pokazało, że optymalnym rozwiązaniem w przypadku błędnych sesji jest zniżenie wag w zależności od wielkości rezyduów stacji. Przewagą takiego rozwiązania nad alternatywnym podejściem zakładającym wykluczenie stacji lub wektorów jest zachowanie większej liczby obserwacji, co w przypadku VLBI jest kluczowe.

Szybkie algorytmy wyznaczania opóźnień skośnych GPS

Krzysztof Kroszczyński

WAT

W referacie przedstawio kolokacyjny algorytm (F. Zusa) wyznaczania opóźnień skośnych sygnałów GPS, który działa w czasie prawie rzeczywistym w oparciu o dane globalnego modelu prognoz pogody GFS (Global Forecasting System). Omówiono możliwość jego stosowania w przypadku baz danych niehydrostatycznego modelu mezoskalowego WRF (Weather Research & Forecast). Wskazano na możliwość konstrukcji algorytmów o lepszych własnościach kolokacyjnych. Wyniki prezentowanych badań mogą być wykorzystane w zagadnieniach dotyczących konstrukcji mezoskalowych funkcji odwzorowujących i tomografii atmosfery.

Analiza wiarygodności oraz dokładności systemu EGNOS

Grzegorz Grunwald, Mieczysław Bakula, Adam Ciećko

Streszczenie

Wiarygodność pozycjonowania jest jednym z kluczowych aspektów działania systemów SBAS wykorzystywanych w lotnictwie. Referat prezentuje wyniki badań funkcjonowania systemu EGNOS przeprowadzonych w roku 2014 na terenie lotniska należącego do Aeroklubu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie w Polsce północno-wschodniej (obszar uważany do niedawna za granicę działania systemu EGNOS). Wykonano analizy funkcjonowania systemu podczas 30-dniowych obserwacji zarejestrowanych na stałym punkcie. Przeprowadzone zostały również eksperymenty kinematyczne dla ruchu lotniczego oraz drogowego. W rezultacie otrzymano wartości parametrów charakteryzujących dokładność oraz wiarygodność pozycjonowania z wykorzystaniem systemu EGNOS.

Ocena tanich anten GNSS pod kątem możliwości zastosowania w precyzyjnym pozycjonowaniu z zastosowaniem technologii RTK.

Jerzy Saczuk

WAT

słowa kluczowe:

GPS, GNSS, RTK, anteny nawigacyjne, tanie odbiorniki jednoczęstotliwościowe, precyzyjne pozycjonowanie

Streszczenie:

Istnieje opinia, że tanie, przeznaczone na rynek masowy, jednoczęstotliwościowe odbiorniki GNSS, wyposażone w prostej konstrukcji anteny nawigacyjne, nie nadają się do precyzyjnego pozycjonowania z zastosowaniem technologii RTK. Przez autora zostały przeprowadzone badania zmierzające do oceny porównawczej w stosunku do użycia anten "geodezyjnych", zestawu tanich anten typu "patch", anten o konstrukcji helikalnej, w tym anten samodzielnie wykonanych, wykorzystywanych do pomiarów pozycji wykonywanych odbiornikiem u-blox NEO-7P.

Celem było dokonanie optymalnego wyboru anten, z punktu widzenia uzyskiwanych dokładności pozycjonowania, wydajności procedur pomiarowych, kosztów.

W efekcie wykazano, że w przypadku właściwej konfiguracji odbiornika i anteny, zastosowaniu niestandardowych algorytmów opracowania obserwacji, można pokusić się o zbudowanie systemu pomiarowego cechującego się niewielkim kosztem, zapewniającego geodezyjną dokładność pomiarów przy zadawalającej funkcjonalności.

Tytuł referatu:

„Uruchomienie i testowanie przenośnego symulatora statku powietrznego Saitek Pro. Testowanie systemów nawigacyjnych i modeli 3D w Saitek Pro i w FSX” .

Bartłomiej OSZCZAK

The title of presentaiton: „Start-up and preliminary tests of portable Saitek Pro flight simulator. Tests of the navigational systems and 3D model implementation in Saitek Pro and FSX”

Streszczenie: W referacie przedstawiono możliwości wykorzystania zbudowanego przenośnego symulatora statku powietrznego. Opisano testy systemów nawigacyjnych oraz modeli 3D terenu oraz budynków w symulatorze.

Abstract: In the presentation home-built portable Saitek Pro flight simulator was introduced. Navigational system tests were checked and 3D model implementation of the buildings and airport were described.

ANCHOR - The Captain Assistant system for Navigation and Routing during Operations in Harbour

Andrzej FELSKI

This paper presents the project “**ANCHOR - The Captain Assistant system for Navigation and Routing during Operations in Harbour**”, which is realized by international consortium under the BONUS-185-Innovation Programme.

The consortium consists of:

Astri Polska sp. z o. o. (Warsaw, Poland) – project coordinator

Akademia Marynarki Wojennej (Gdynia, Poland) - partner

Automotive & Rail Innovation Center (Aachen, Germany) - partner

RWTH Aachen University (Aachen, Germany) - partner

University of Montpellier 2 (Nimes, France) - partner

Aims/objectives of the project

The main objectives are to deliver the tool to analyse the influence of the traffic of the cargo vessels on the coastal area of the harbour and increase the safety of ships movement inside the harbour.

The system is directed to the professionals responsible for supervising the safety (both people and environment) in the coastal area of harbours. The system will improve the safety of people working in the harbour and on incoming (docking) ships, in parallel with giving the possibility to monitor the influence of traffic, the mass and dimensions of the ship and the coastal environment. All this data will be stored, merged with GMES, GIS data and accessible by internet. In order to fulfil the potential end-users needs the Anchor system will respect the following objectives:

- Deliver the precise local environment measurements network
- Deliver the innovation observation and traffic management system
- Assure the access to the environment monitoring data
- Increase safety in harbour area
- Increase the port efficiency
- Develop reliable positioning and navigation system

Expected outcomes

The Outcome of the Anchor project will be a system comprising all the modules mentioned below:

- **Internet Platform** for GIS, GMES and local measurements data sharing and exchanging.
- **Guidance Module** which provides a reliable, safe and energy efficient routing to the destination pier (or to the open sea) based on detailed maps.
- **Harbour Server** for analysing and graphical visualizing of all data, archiving.
- **Environment Measurements Network** assures accurate data on weather and water conditions.
- **Ship Module** which assure a precise localization and orientation solution.
- **Pilot software** for visualization and analysis of all needed data.
- **Wireless Communication link** for reliable and fast data transmission between all these stations.

The system will be the innovative combination of these parts. By guiding the quickest and most effective track to the pier, time and fuel will be saved significantly, which comes along with major reductions in cost and CO₂-emissions. Finally, due to the tracking and evaluation of environmental sensors-data, the environmental footprint of each ship can be followed, analysed and assessed.

Ciećko A., Grunwald G., Grzegorzewski M., Oszczak S., Ćwiklak J.

Badanie serwisu Safety of Live systemu EGNOS na terenie Słowacji

W artykule zaprezentowano wyniki badań serwisu Safety of Live systemu EGNOS uzyskane podczas lotu testowego wykonanego samolotem Cessna z lotniska w Bidovicach (LZBD) na Słowacji. Badania wykonano w dniu 13 października 2014 roku w ramach współpracy Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych w Dęblinie z Wydziałem Lotnictwa Uniwersytetu Technicznego w Koszycach. Do zebrania danych wykorzystano m.in. odbiorniki dwuczęstotliwościowe Septentrio oraz Topcon, umieszczone na pokładzie statku powietrznego. Zebrane obserwacje pozwoliły na ocenę jakości pozycjonowania GNSS/EGNOS na obszarze wschodniej Słowacji – na granicy zasięgu systemu EGNOS.

Działalność Centrum Łączenia Rozwiązań sieci regionalnej EPN

Andrzej Araszkiwicz, Mariusz Figurski, Tomasz Liwosz, Karolina Szafranek

Obowiązki Centrum Łączenia Rozwiązań (Analysis Combination Centre) sieci EPN (EUREF Permanent Network) pełnione są przez Wojskową Akademię Techniczną (Wydział Inżynierii Lądowej) i Politechnikę Warszawską (Wydział Geodezji i Kartografii) od czerwca 2013 roku. Prezentacja przedstawia główne dotychczasowe osiągnięcia oraz najważniejsze wyzwania stojące przed zespołem.

Pierwszym zadaniem nowego EPN ACC było zapewnienie ciągłości rozwiązań łączonych wyznaczanych na podstawie produktów typu „final” za które w latach 2000-2013 odpowiedzialny był Heinz Habrich z BKG ([Bundesamt für Kartographie und Geodäsie](#)). Nowe skryty zostały stworzone na bazie dotychczas wykorzystywanych, co zapewniło płynne przejście pomiędzy produktami dotychczasowego i nowego EPN ACC. Pierwsze kombinacje przygotowane przez polski zespół (rozwiązania tygodniowe, dobowe i dobowe bazujące na produktach typu „rapid”) opublikowane zostały na początku 2014 roku (tydzień GPS 1768).

Obecnie EPN ACC dostarcza cztery typy rutynowych rozwiązań: kombinacje tygodniowe i dobowe oparte na produktach „final”, dobowe oparte na produktach „rapid” i godzinne wyznaczone przy użyciu produktów „ultra rapid”. Wszystkie powyższe rozwiązania wyznaczone są przy pomocy oprogramowania Bernese 5.2. Wyniki wysyłane są do Bazy Danych BKG oraz prezentowane na stronie EPN ACC (www.epnacc.wat.edu.pl). Na stronie można znaleźć informacje na temat powtarzalności współrzędnych poszczególnych stacji dla składowych poziomych i pionowych, porównanie współrzędnych z rozwiązaniem łączonym, wykresy przedstawiające parametry transformacji Helmerta dla poszczególnych Centrów Analiz oraz listę stacji odrzuconych z rozwiązań.

Oprócz rutynowej działalności EPN ACC bierze udział w projekcie Repro2 - drugiej kampanii tzw. reprocessingu sieci EPN. Podstawowymi różnicami pomiędzy Repro2 a Repro1 jest zredukowana liczba rozwiązań (Centrów Analiz biorących udział w projekcie) i różnorodne oprogramowanie wykorzystywane do analiz. Prowadzi to do konieczności łączenia rozwiązań sieciowych i tzw. absolutnych (PPP – Precise Point Positioning). Łączenie rozwiązań przy wykorzystaniu nowej strategii i nowych narzędzi stanowi najważniejsze zadanie ACC na najbliższy czas.

Ocena wpływu oscylacji rezydualnych na charakter części stochastycznej współrzędnych GNSS

Janusz Bogusz, Anna Kłos

Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna

STRESZCZENIE

Każdy szereg czasowy zmian współrzędnych otrzymanych z opracowania obserwacji GNSS składa się z części deterministycznej oraz stochastycznej. W skład pierwszej z nich wchodzi prędkość stacji permanentnej, utożsamiana z prostą otrzymaną w wyniku regresji liniowej oraz zmiany o charakterze okresowym i różnych źródłach pochodzenia. Natomiast charakter drugiej z nich (szum biały czy kolorowy) jest w prostej zależności funkcyjnej z błędem wyznaczenia tej prędkości. Prędkości stacji permanentnych stanowią w nowoczesnej geodezji podstawę do tworzenia kinematycznych układów odniesienia, w badaniach Ziemi stanowią natomiast podstawę do opisu i interpretacji zjawisk o charakterze dynamicznym. Nie do końca poprawne zamodelowanie części stochastycznej może powodować nie tylko zmiany samych prędkości, ale również przesunięcie indeksu widma rezydualnych w kierunku szumu różowego, co bezpośrednio wpływa na błąd wyznaczenia prędkości stacji permanentnej. W niniejszej prezentacji autorzy przedstawiają wciąż jeszcze istniejące w szeregach czasowych GNSS (pomimo modelowania) rezydualne obserwacje, ich wpływ na charakter części stochastycznej oraz zmianę błędów wyznaczeń prędkości stacji permanentnych. Jako dane testowe posłużyły geocentryczne szeregi czasowe XYZ otrzymane na 180 stacjach permanentnych, a opracowane przez JPL (Jet Propulsion Laboratory) w oprogramowaniu GIPSY-OASIS i trybie PPP. Najdłuższe szeregi miały długość nawet 22 lat. Zaprezentowana zostanie również zmienność prędkości i ich błędów w odniesieniu do standardowego podejścia usuwającego z szeregów tylko tropikalne składowe roczne i półroczne, pokazując rezydualne oscylacje Chandlera i drakoniczne nawet do 9 składowej harmonicznej. Jako wskaźnik jakości rozwiązania zastosowano kryterium informacyjne Akaike, które pozwoliło na wskazanie podejścia optymalnego, powodującego zmniejszenie się błędu wyznaczenia prędkości stacji permanentnych GNSS nawet o 56% przy pozostawieniu założenia autokorelacji części stochastycznej.

Słowa kluczowe:

GNSS, prędkości stacji permanentnych, analiza szeregów czasowych

Wpływ metod estymacji opóźnienia troposferycznego na charakterystykę szeregów czasowych rozwiązań PPP

Katarzyna Stępnia¹⁾, Janusz Bogusz²⁾, Anna Kłos²⁾, Paweł Wielgosz¹⁾

¹⁾ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji, Inżynierii Przestrzennej i Budownictwa

²⁾ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Warszawa

Obecnie precyzyjne pozycjonowanie absolutne (PPP) jest coraz powszechniej stosowaną strategią opracowania obserwacji GNSS. Rozwiązanie PPP bazuje na niezróżnicowanych obserwacjach z pojedynczej stacji, a na dokładność wyników wpływa przede wszystkim jakość dostarczanych parametrów orbit i zegarów oraz sposób modelowania opóźnienia troposferycznego. W niniejszej pracy przeanalizowany został wpływ modelowania opóźnienia troposferycznego na wyniki opracowania obserwacji ze stacji GNSS zlokalizowanych na obszarze górskim, gdzie modelowanie troposfery jest szczególnie utrudnione. Do testów wybrano 28 stacji permanentnych EUPOS (European Position Determination System), w tym 9 stacji EPN (EUREF Permanent Network), położonych na obszarze Sudetów oraz Karpat. Opracowano obserwacje z lat 2008-2014 w trybie PPP wykorzystując oprogramowanie Bernese GNSS Software v.5.2. W opracowaniu zastosowano różne metody modelowania opóźnienia troposferycznego oraz jego gradientów – wykorzystano funkcje GMF oraz VMF1, model gradientu Chen&Herring oraz różne modele stochastyczne. W celu zbadania wpływu zastosowanych orbit, wykonano opracowanie z wykorzystaniem finalnych produktów IGS (International GNSS Service) oraz produktów CODE (Center for Orbit Determination in Europe). Następnie, przeanalizowano szeregi czasowe ZTD (Zenith Total Delay), szeregi zmian współrzędnych stacji permanentnych oraz prędkości stacji w układzie ITRF2008. W szczególności skupiono się na analizie oscylacji w otrzymanych szeregach czasowych oraz analizie charakteru części stochastycznej. W badaniach zastosowano metodę najmniejszych kwadratów w celu wyznaczenia i usunięcia modelu deterministycznego badanych szeregów oraz metodę największej wiarygodności (Maximum Likelihood Estimation) do wyznaczenia charakteru rezyduów.

Słowa kluczowe: PPP, opóźnienie troposferyczne, analiza szumowa

Niezakłócone grawitacyjne orbity GNSS narzędziem relatywistycznej geodezji satelitarnej

Janusz B. Zieliński

Katedra Nawigacji Lotniczej

Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych

Dęblin

Streszczenie.

Wysoce dokładne wyznaczanie orbit satelitów w systemach nawigacji satelitarnej GNSS jest koniecznym warunkiem prawidłowego funkcjonowania tych systemów. Dlatego podejmowane są wysiłki dalszego podnoszenia tej dokładności poprzez wprowadzanie nowych rozwiązań technicznych. Aktualnie dwa takie rozwiązania są w fazie projektowania, a mianowicie umieszczenie na pokładzie satelitów akcelerometrów oraz zastosowanie techniki obserwacji satelitów z satelitów. To ostatnie jest określane terminem Inter Satellite Links (ILS). Z uwagi na fakt, że wpływ sił niegrawitacyjnych jest bardzo trudny do modelowania, bezpośredni pomiar tych sił na pokładzie satelity wpłynie znacząco na poprawę dokładności wyznaczenia orbit, jak też pozycji i czasu. Z kolei bezpośredni pomiar odległości w przestrzeni kosmicznej między satelitami jak też względnej prędkości między nimi umożliwi eliminację błędów pochodzących od wpływu jonosfery i błędów pozycji stacji obserwacyjnych. Szerokie wprowadzenie tych technik umożliwi wyznaczenie precyzyjnych orbit dziesiątków obiektów tworzących globalne systemy nawigacji satelitarnej po wyeliminowaniu zakłóceń niegrawitacyjnych. Możliwe będzie wówczas wykrycie subtelných odchyłeń od trajektorii w newtonowskim polu grawitacyjnym, a więc efektów relatywistycznych. Oznacza to, że systemy GNSS mogą być potężnym narzędziem do badań w zakresie mechaniki relatywistycznej stosownie do nowoczesnych teorii czasu i przestrzeni.

Praktyczne działania dla stworzenia takiego narzędzia już się rozpoczęły w postaci prac nad koncepcją systemu Galileo drugiej generacji. Są one prowadzone na poziomie Komisji Europejskiej, Europejskiej Agencji Kosmicznej oraz projektów realizowanych przez ośrodki naukowe.

Rozwiązanie nieoznaczoności pomiaru fazowego w przestrzeni współrzędnych

Sławomir Cellmer

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie

Tematem opracowania jest problem rozwiązania nieoznaczoności pomiaru fazowego. Obecnie powszechnie stosowanym i optymalnym sposobem wyznaczania nieoznaczoności jest metoda Lambda. W metodzie tej rozwiązuje się w n -wymiarowej przestrzeni nieoznaczoności. Wymiar tej przestrzeni jest równy liczbie satelitów pomniejszonej o jeden (liczba podwójnie zróżnicowanych obserwacji fazowych). Obecnie dostępna jest coraz większa liczba satelitów (Galileo, BeiDou). Powoduje to wzrost wymiaru przestrzeni nieoznaczoności, a w konsekwencji znaczący wzrost obciążenia obliczeniowego w procesie rozwiązania nieoznaczoności. W opracowaniu zostanie przedstawiony pomysł redukcji liczby koniecznych operacji obliczeniowych w procesie rozwiązania nieoznaczoności poprzez przeniesienie procedury poszukiwawczej do trójwymiarowej przestrzeni współrzędnych, uniezależniając tym samym ilość koniecznych obliczeń od liczby obserwowanych satelitów. Przedstawione zostaną podstawy teoretyczne metody oraz techniki optymalizujące jej działanie, poprzez odpowiedni dobór liczby oraz rozmieszczenia kandydatów do rozwiązania w określonym obszarze ufności (wewnątrz elipsoidy błędów pozycji przybliżonej). Zaprezentowane zostaną także wyniki testów ilustrujących działanie metody.

Dokładność pozycji nawigacyjnej BDS w różnych regionach świata.

Paweł Wielgosz, Dawid Kwiaśniak, Sławomir Cellmer

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

W 2012 roku chiński system nawigacji satelitarnej – BDS – osiągnął regionalne zdolności operacyjne nad obszarem wschodniej Azji i wszystko wskazuje na to, że pełne zdolności operacyjne osiągnie przed systemem Galileo. System BDS obecnie składa się z 4 satelitów na średniej orbicie MEO, 5 satelitów na orbicie geosynchronicznej w wysokiej inklinacji IGSO oraz 5 satelitów geostacjonarnych GEO, co zapewnia regionalne pokrycie sygnałami nawigacyjnymi. W prezentowanej pracy autorzy przeprowadzili analizy dokładności i dostępności pozycji wyznaczanej na podstawie opracowania sygnałów BDS w różnych regionach świata. Analizy pokazały, że największą dokładność, a zarazem największą dostępność pozycji, system ten oferuje we wschodniej Azji. CO ciekawe, w Europie również możliwe jest okresowe wyznaczanie pozycji z obserwacji BDS, choć ze względu na wysoki współczynnik PDOP, dokładność wyznaczeń jest niska.

Modelowanie stochastyczne obserwacji GNSS

Dominik Próchniewicz, Ryszard Szpunar

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

W prezentacji przedstawiono zagadnienia związane z badaniem matematycznego modelu wyznaczenia pozycji w oparciu o globalne systemy nawigacji satelitarnej GNSS (ang. *Global Navigation Satellite Systems*). Model ten składa się z opisu deterministycznego, który definiuje funkcjonalne zależności pomiędzy obserwacjami GNSS a niewiadomymi parametrami, oraz opisu stochastycznego, który definiuje założenia dotyczące charakterystyki dokładnościowej obserwacji (ich precyzji i korelacji).

Opis funkcjonalny modeli pozycjonowania GNSS na przestrzeni ostatnich kilku dekad był przedmiotem szczegółowych badań, a jego definicja matematyczna oraz algorytm rozwiązania zostały precyzyjnie zdefiniowane i opisane w literaturze przedmiotu. Dużo trudniejszy w definicji i wymagający dalszego udoskonalenia jest opis stochastyczny modeli pozycjonowania GNSS. Najważniejszymi zagadnieniami w tym zakresie wymagającymi dalszych badań są urealnienie opisu precyzji poszczególnych typów obserwacji GNSS oraz uwzględnienie fizycznej korelacji pomiędzy obserwacjami. Sposób opisu dokładności poszczególnych typów pomiarów GNSS, wykorzystywany przy wagowaniu obserwacji, jest zagadnieniem wielowymiarowym, które zależy zarówno od wykorzystywanego sprzętu pomiarowego (jego szumu pomiarowego oraz sposobu wyznaczania miary jakości obserwacji np. *signal-to-noise ratio*, SNR) jak i charakterystyki samego środowiska pomiarowego, w którym efekty takie jak interferencja fal wtórnych czy zaburzenia atmosferyczne mogą powodować błędy residualne nieujęte w modelu deterministycznym. Jeszcze trudniejszym zagadnieniem jest modelowanie fizycznej korelacji obserwacji GNSS. Obserwacje te są skorelowane zarówno w przestrzeni (korelacja przestrzenna), w czasie (korelacja czasowa) jak i pomiędzy poszczególnymi typami obserwacji (korelacja wzajemna), a wielkość i charakter tej korelacji zależy zarówno od warunków pomiarowych jak i sprzętu pomiarowego.

W pracy przedstawiono analizy istniejących modeli stochastycznych obserwacji GNSS oraz wyniki badań dotyczących analitycznych i empirycznych metod modelowania stochastycznego wykorzystujących m.in.: metody wektora zerowego (ang. *zero-baseline*) i bardzo krótkiego wektora oraz metod laboratoryjnych wykorzystujących generator sygnału GNSS. Wyznaczone dla kilku zestawów odbiorników GNSS modele wykorzystano w pozycjonowaniu kinematycznym w trybie *instantaneous*, a wyniki ich wykorzystania przeanalizowano pod kątem jakości rozwiązania nieoznaczoności fazy fali nośnej (estymacji i walidacji nieoznaczoności) oraz na dokładności estymacji pozycji.

Sieciowe pozycjonowanie różnicowe GPS/GLONASS

Paweł Przestrzelski¹, Mieczysław Bakuła^{1,2}

¹Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

²Katedra Nawigacji Lotniczej, Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Dęblin

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodologię oraz wyniki badań przeprowadzonych metodą sieciowego pozycjonowania różnicowego GPS+GLONASS wykorzystując stacje referencyjne sieci TPI NETpro oraz ASG-EUPOS. Współrzędne wyznaczono korzystając z pseudoodległości kodowych L1 wygładzonych fazą. Wartości poprawek pseudoodległościowych interpolowane były liniowo, zaś dane opracowano w post-processingu. Zaprezentowane rozwiązanie pozwoliło na osiągnięcie dokładności rzędu kilku decymetrów (ok. 2-3 dm) przy sieci stacji rozmieszczonych na terenie całej Polski.

**Rozbudowa Obserwatorium Satelitarnego
Centrum Geomatyki Stosowanej Wojskowej Akademii Technicznej**

Mariusz Figurski, Grzegorz Nykiel , Marcin Szołucha, Krzysztof Kopczyński, Jacek Wojtanowski

Obserwatorium Satelitarne CGS istnieje w strukturze WAT od 2012 roku i jest wykorzystane w pracach naukowo-badawczych pod kątem przetwarzania i analizy danych pochodzących z systemów nawigacji satelitarnej. W 2015 roku Wojskowa Akademia Techniczna rozpoczęła realizację projektu dotyczącego kompleksowej rozbudowy infrastruktury naukowo-badawczej Obserwatorium Satelitarnego poprzez zakup aparatury i sprzętu oraz modernizację pomieszczeń. Przedsięwzięcie to stanowi kompleksowy projekt z zakresu rozwoju infrastruktury naukowo-badawczej, a jego realizacja ma kluczowe znaczenie dla rozwoju oraz kształcenia kadr w zakresie inżynierii kosmicznej i satelitarnej oraz współpracy z biznesem. Projekt wpisuje się w szereg komplementarnych działań nakierowanych na rozwój sektora edukacji oraz sektora innowacyjnych technologii. Głównym celem projektu jest zwiększenie możliwości technicznych w zakresie wykorzystania i monitorowania nawigacyjnych systemów GNSS oraz stworzenie bazy sprzętowej do realizacji badań naukowych i aplikacji przemysłowych, związanych z rozwojem tej dziedziny. W prezentacji zostanie przedstawiony aktualny stan rozbudowy Obserwatorium, zakupiona aparatura (m.in. symulator sygnałów GNSS oraz radiometr mikrofalowy), a także plany na przyszłość dotyczące współpracy naukowej w zakresie badań i transferu wiedzy do przemysłu.

Serwis monitorowania w czasie rzeczywistym średnioskalowych zaburzeń jonosferycznych nad Polską

Marta Krukowska, Katarzyna Stępnia, Jacek Paziewski, Alberto Garcia Rigo, Paweł Wielgosz

Streszczenie

Niniejsze opracowanie koncentruje się na nowym serwisie monitorowania średnioskalowych zaburzeń jonosferycznych działającym w czasie rzeczywistym. Zaniechanie tych zaburzeń w pozycjonowaniu może wprowadzić błędy, które wpłyną na właściwe rozwiązanie nieoznaczoności i tym samym na dokładność i niezawodność nawigacji. Dlatego ważne jest zbudowanie serwisu, który ostrzeże użytkownika o ich występowaniu. Do wykrywania średnioskalowych zaburzeń jonosferycznych może służyć indeks SRTID (ang.: *Single Receiver Medium Scale Travelling Ionospheric disturbance*), który zostaje obliczony na podstawie dwuczęstotliwościowych obserwacji fazowych GNSS.

Prezentowany serwis jest rozwijany na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie, w środowisku MATLAB. Serwis jest oparty na obliczaniu w czasie rzeczywistym indeksu SRMTID.

Słowa kluczowe: GPS, średnioskalowe zaburzenia jonosferyczne, SRMTID

Nowa odsłona stacji laserowej Borowiec

Paweł Lejba¹⁾, Stanisław Schillak^{1,2)}, Jacek Bartoszak¹⁾, Piotr Michałek¹⁾, Stanisław Zapaśnik¹⁾, Tomasz Suchodolski¹⁾

¹⁾ Centrum Badań Kosmicznych PAN, Obserwatorium Astrogeodynamiczne w Borówcu,

plejba@cbk.poznan.pl

²⁾ Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Wydział Lotnictwa, Katedra Nawigacji

Streszczenie

Po 5-letniej przerwie spowodowanej poważną awarią lasera, stacja laserowa Borowiec powróciła do regularnych obserwacji satelitów.

W latach 2013-2014 stacja przeszła poważną modernizację, która obejmowała przede wszystkim zakup nowego urządzenia laserowego, wymianę optyki w teleskopie nadawczo-odbiorczym, wymianę optyki w kanale Coude oraz wymianę szybkiej fotodiody startowej.

Pierwsze odbicia od satelitów stacja otrzymała 2 marca 2015, a pierwsze dobre i potwierdzone wyniki zostały uzyskane w dniu 6 maja 2015. Była to obserwacja satelity Cryosat-2. Od 17 czerwca br. wyniki obserwacji laserowych stacji w Borówcu wysyłane są do banku danych EDC w Monachium. Na tą chwilę wysłane zostały wyniki obserwacji 67 satelitów, a stacja przechodzi tzw. kwarantannę zgodnie z procedurą ILRS.

Modernizacja jaką przeszła stacja w ostatnich latach, daje jej zupełnie nowe możliwości, obejmujące nie tylko obserwacje laserowe tych samych satelitów co z okresu sprzed awarii, ale także zwiększenie zasięgu do satelitów GNSS oraz laserowe obserwacje śmieci kosmicznych.

Słowa kluczowe: obserwacje laserowe, laser, ILRS, satelity, śmieci kosmiczne

Station coordinates, Earth Rotation and Gravity Field Parameters derived from SLR solutions

K. Sośnica¹, A. Jäggi², D. Thaller³, R. Dach², U. Meyer²

(1) Institute of Geodesy and Geoinformatics, Wrocław University of Environmental Switzerland and Life Sciences, Wrocław, Poland

(2) Astronomical Institute, University of Bern, Bern, Switzerland

(3) Federal Agency for Cartography and Geodesy, Frankfurt/Main, Germany

Abstract:

We present the results from a simultaneous estimation of the gravity field, Earth rotation parameters, and station coordinates from combined SLR solutions incorporating up to nine geodetic satellites: LAGEOS-1/2, Starlette, Stella, AJISAI, Beacon-C, Lares, Blits and LARES. These solutions cover all three pillars of satellite geodesy and ensure a full consistency between the Earth rotation parameters, gravity field coefficients, and geometry-related parameters. We address benefits emerging from such an approach and discuss particular aspects and limitations of the gravity field recovery using SLR data. We discuss the current accuracy of SLR-derived polar motion and the length-of-day excess by comparing w.r.t. IERS-08-C04 series. Finally, the temporal changes of geoid heights derived from a multi-satellite SLR solutions will be compared with the GRACE products and the benefits of the SLR-GRACE combination at the normal equation level will be addressed, as well.

Wyznaczanie pozycji i prędkości stacji laserowych działających w latach

1983-2013

Stanisław Schillak

Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych w Dęblinie

Katedra Nawigacji Lotniczej

Centrum Badań Kosmicznych PAN

Obserwatorium Astrogeodynamiczne w Borowcu

sch@cbk.poznan.pl

Streszczenie:

W pracy przedstawiono wyniki wyznaczania pozycji i prędkości wszystkich stacji laserowych działających w okresie od września 1983 do grudnia 2012. Wyznaczono pozycje dla 141 stacji i prędkości dla 90 stacji (brano pod uwagę okresy minimum 3-letnie). Pozycje obliczano programem orbitalnym NASA GEODYN-II dla wspólnej epoki obserwacji 2005.0. Do transformacji współrzędnych na tę epokę użyto prędkości stacji z ITRF2008. W obliczeniach orbitalnych stosowano łuki miesięczne z epoką odniesienia na pierwszy dzień każdego miesiąca. Współrzędne geocentryczne stacji X, Y, Z wyznaczano z równań normalnych, współrzędne te były następnie transformowane do współrzędnych N, E, U w odniesieniu do ITRF2008. Nie brano pod uwagę ze względu na małą precyzję wyznaczania pozycji wyników dla których ilość punktów normalnych Lageosa-1 i Lageosa-2 na miesiąc była mniejsza niż 50. Dla każdej stacji wyznaczono za okresy 5-cio letnie rozrzut pozycji (stabilność), odchylenie standardowe wyznaczanych pozycji i średnie odchylenia od ITRF2008 dla składowych N, E, U. Dla najlepszych stacji stabilność wyznaczonych współrzędnych była mniejsza niż 5 mm w okresie ostatnich 15 lat. Prędkości stacji obliczono z pozycji wyznaczonych na epokę obserwacji metodą regresji liniowej. Wyniki obliczeń pozycji i prędkości wskazują problemy, które ograniczają jakość wyników dla uzyskania dla najlepszych stacji laserowych zakładanej przez GGOS pozycji z dokładnością 1 mm, a prędkości 0.1 mm/rok. Ograniczenie w jakości obserwacji wynika z błędów poprawki atmosferycznej, małej ilości obserwacji dla dużej części stacji, skoków w wynikach będących efektem błędów systematycznych stacji i trzęsień ziemi.

Modele anten GNSS wykorzystywane na stacjach sieci EPN i ich wpływ na wyznaczenie pozycji stacji - wyniki z projektu EPN Repro2.

Araszkiewicz A., Wrona M., Ryba A.

Po wprowadzeniu nowej konwencji IERS 2010 podkomisja EUREF rozpoczęła przygotowywania do kolejnej kampanii projektu Reprocessing. Projekt ten zakładał ponowne opracowanie archiwalnych obserwacji zebranych na stacjach sieci EPN w celu ujednoczenia rozwiązań oraz zapewnieniu ich ciągłości z rozwiązaniami bieżącymi. W ramach przeprowadzanych analiz nad ostateczną strategią obliczeniową jedno z polskich Centrów Analiz EPN zlokalizowane w Wojskowej Akademii Technicznej (MUT AC) wykonało pełne opracowanie z wykorzystaniem różnych modeli centrów fazowych anten GPS. Na dzień 1 stycznia 2014 spośród wykorzystywanych anten w sieci EPN blisko 80 posiadała kalibrację indywidualną. Różnice położenia centrum fazowego dla częstotliwości L1 i L2 (systemu GPS) pomiędzy modelem absolutnym IGS08 a modelem indywidualnym dochodzą do kilku milimetrów co może wpływać znacząco na wyznaczoną pozycję stacji EPN. W przypadku sieci, która stanowi realizację układu europejskiego ETRF89, sposób modelowania centrum fazowego anten ma kluczowe znaczenie. Niniejsza praca przedstawia szczegółowo różnice pomiędzy modelami anten wykorzystywanych w sieci EPN oraz końcowy efekt jaki powoduje wykorzystanie różnych modeli w procesie opracowania obserwacji GPS.

Wyznaczenie potencjału siły ciężkości W_0 na wybranych stacjach mareograficznych na polskim wybrzeżu

Joanna Kuczyńska-Sieheń, Adam Łyszkowicz, Katarzyna Stępiak, Marta Krukowska

Wartość potencjału siły ciężkości W_0 stanowi fundamentalny parametr geodezyjny. Globalna wartość W_0 może zostać wprowadzona jako konwencjonalny poziom odniesienia dla realizacji Globalnego Systemu Wysokościowego. Jedną z metod wyznaczania globalnego W_0 jest oparta na uśrednianiu wartości potencjału siły ciężkości obliczonych dla wielu stacji mareograficznych. W referacie przedstawione zostaną wartości W_0 uzyskane na mareografach położonych wzdłuż polskiego wybrzeża.

W przeprowadzonych badaniach, do obliczenia potencjału siły ciężkości wykorzystano wartości średniego poziomu morza otrzymane z odczytów na stacjach mareograficznych we Władysławowie, Ustce i Świnoujściu, undulację geoidy z globalnego modelu geopotencjalnego EGM2008 oraz wysokości elipsoidalne otrzymane z danych GNSS. Podstawę do obliczeń stanowiły dane pochodzące z przeprowadzonych w kwietniu 2015 roku pomiarów GNSS na wymienionych stacjach mareograficznych. Uzyskane wyniki zestawione zostały z poprawionymi wartościami W_0 otrzymanymi z ponownego obliczenia danych pochodzących z trzech kampanii Baltic Sea Level Project.

Analiza występowania silnych fluktuacji TEC wokół północnego bieguna geomagnetycznego w okresie zaburzonej jonosfery.

Rafał Sieradzki

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Jonosfera w obszarach okołobiegunowych charakteryzuje się bardzo wysoką dynamiką zachodzących tam procesów oraz występowaniem silnych, różnoskalowych zaburzeń koncentracji elektronów. Efekt ten jest szczególnie intensywny w okresach burz geomagnetycznych będących wynikiem gwałtownych zjawisk zachodzących na Słońcu. Konsekwencją występowania nieregularności jonosferycznych na wysokich szerokościach są silne fluktuacje całkowitej koncentracji elektronów rejestrowane przez naziemne odbiorniki GNSS. Bieżąca konfiguracja rozmieszczenia stacji permanentnych wokół północnego bieguna geomagnetycznego pozwala na monitorowanie czasowych zmian stanu jonosfery z wysoką rozdzielczością czasowo-przestrzenną.

W pracy przedstawiono dynamikę silnych fluktuacji TEC związanych z burzą geomagnetyczną obserwowaną w dniach 24-25 października 2011. Do przedstawienia stanu wykorzystano dane z około 180 permanentnych stacji należących do sieci IGS, EPN oraz uczestniczących w projekcie PBO. Jako miary natężenia fluktuacji wykorzystano indeks ROTI. Prezentowane wyniki przedstawiają rozwój burzy obserwowany na różnych szerokościach geomagnetycznych oraz dla różnych sektorów lokalnego czasu magnetycznego.

Redukcja wpływu średnioskalowych zaburzeń ionosferycznych w precyzyjnym pozycjonowaniu GNSS.

Rafał Sieradzki, Jacek Paziewski

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Fluktuacje całkowitej koncentracji elektronów (TEC) w jonosferze są jednym z głównych czynników destabilizujących możliwość poprawnego rozwiązania nieoznaczoności i w konsekwencji wpływających na precyzję pozycjonowania satelitarne. W odniesieniu do warunków panujących na średnich szerokościach, niepożądany wpływ jonosfery związany jest przede wszystkim ze średnioskalowymi, wędrującymi zaburzeniami jonosferycznymi (MSTID). Wysoka częstotliwość występowania tych zaburzeń oraz ich trudny do predykcji lub mitygacji charakter powodują że stanowią one istotny problem precyzyjnego pozycjonowania satelitarne.

W pracy przedstawiono łączną analizę obejmującą zobrazowanie warunków jonosferycznych wyznaczanych z użyciem obserwacji GNSS z sieci TPI NETpro oraz wpływ obserwowanych zaburzeń jonosferycznych na wyznaczaną pozycję. Dane satelitarne z sieci testowej zostały opracowane w 5-minutowych sesjach dwoma algorytmami. Pierwszy z nich stanowi standardowy model opracowania danych GNSS z wagowaniem parametrów jonosferycznych. W drugim, stanowiącym zmodyfikowaną wersję standardowego algorytmu, oryginalne obserwacje fazowe zostały poprawione z wykorzystaniem opracowanego algorytmu korekcji ROT. Zaprezentowane wyniki pokazują wyraźną poprawę rezultatów precyzyjnego pozycjonowania w warunkach zaburzonej jonosfery w przypadku zastosowania proponowanego algorytmu korekcji obserwacji GNSS w stosunku do standardowego podejścia.

System monitorowania stacji referencyjnych CGSrefmon – unifikacja opracowania obserwacji GNSS.

Mariusz Figurski, Andrzej Araszkiewicz, Karolina Szafranek, Grzegorz Nykiel

W Polsce od kilku lat obserwowany jest dynamiczny rozwój sieci stacji referencyjnych. Serwis dystrybucji korekt powierzchniowych RTK dostarczają cztery sieci: ASG-EUPOS, SmartNet, TPI NETpro oraz VRSnet.pl. Każda sieć posiada wewnętrzny system kontroli generowania korekt powierzchniowych, którego kluczowym elementem są współrzędne stacji referencyjnych. Wdrożony w Wojskowej Akademii Technicznej zunifikowany serwis CGSrefmon jest dodatkowym elementem kontrolnym, który ma na celu niezależne wyznaczenie i monitorowanie współrzędnych stacji wszystkich sieci w jednolitym układzie odniesienia ETRF 2000 zgodnie z zaleceniami i rekomendacjami EPN dotyczącymi opracowania obserwacji GNSS. Od 15 kwietnia 2015 roku została uruchomiona nowa wersja serwisu monitorowania CGSrefmon v.2.0, który jest kolejną generacją systemu monitorowania współrzędnych opracowanego przez zespół CGS WAT w projekcie „Budowa modułów wspomaganie serwisów czasu rzeczywistego ASG-EUPOS”. Obecnie system składa się z warstwy obliczeniowej i analityczno-wizualizacyjnej. Pierwsza z nich oparta jest o oprogramowanie Bernese 5.2 z implementacją strategii opracowanej w ramach projektu EPN, a druga autorskim opracowaniem zespołu CGS WAT. Nowym elementem wprowadzanym obecnie do nowej generacji serwisu jest moduł jednolitego wyrównania rozwiązań dobowych wykorzystujący programy CATREF i ADDNEQ2.

Podsumowanie prac dotyczących projektu "Analiza różnic współrzędnych stacji wyznaczanych technikami SLR i GPS w ramach realizacji Global Geodetic Observing System (GGOS)"

Karolina Szafranek, Stanisław Schillak, Andrzej Araszkievicz,
Mariusz Figurski, Marek Lehmann, Paweł Lejba

Prezentacja stanowi podsumowanie prac wykonanych w trakcie projektu realizowanego przez Wojskową Akademię Techniczną (Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji) i Centrum Badań Kosmicznych (Obserwatorium Astrogeodynamiczne w Borówcu). Projekt miał na celu próbę porównanie rozwiązań (współrzędnych stacji) wyznaczonych za pomocą technik GPS (Global Positioning System) i SLR (Satellite Laser Ranging). W ramach projektu poddano analizie obserwacje zebrane w latach 1996-2011. Dane SLR i GPS opracowane zostały za pomocą dedykowanych narzędzi (GEODYN-II i Bernese) zgodnie z najnowszymi strategiami obliczeniowymi. Szeregi czasowe współrzędnych wyrażono w układzie ITRF2008 na epokę 2005.0.

Do analizy porównawczej wykorzystano kilkadziesiąt stacji kolokacyjnych dla których udostępnione zostały wartości lokalnych dowiązań. Wartości te zostały zweryfikowane na podstawie porównania wartości współrzędnych topocentrycznych stacji GPS i SLR. Ma to szczególne znaczenie dla budowy kolejnej realizacji systemu ITRS.

Dla wszystkich stacji wykonano analizy współrzędnych i prędkości wyznaczone w interwałach około 5-letnich. Miało to na celu ocenę poprawy wiarygodności rozwiązań SLR i GPS w analizowanym przedziale czasu.

Szczególne uwaga poświęcona została stacjom dotkniętym zjawiskiem trzęsienia ziemi. Dla wybranych szeregów dokonano próby wpasowania modelu matematycznego (funkcja eksponentialna i logarymiczna) pozwalającego na opisanie ruchu stacji po trzęsieniu.

Geofizyczny model zmian współrzędnych środka mas Ziemi

Wnęk Agnieszka¹, Kosek Wiesław¹, Zbylut-Górska Maria¹, Popiński Waldemar², Sośnica Krzysztof³

¹ Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji

² Główny Urząd Statystyczny w Warszawie

³ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Geodezji i Informatyki

Przemieszczanie się mas w obrębie ciekłych warstw Ziemi tj. atmosfery oceanów oraz hydrosfery lądowej, powoduje zmiany położenia centrum masy Ziemi względem początku Międzynarodowego Ziemskiego Układu Odniesienia (ITRF). Zmienne w czasie współrzędne środka mas Ziemi wyznaczone są na podstawie obserwacji dokonywanych technikami geodezji satelitarnej takimi jak Satellite Laser Ranging (SLR) oraz Global Navigation Satellite System (GNSS). Zmiany mas całej Ziemi, względem początku ITRF, reprezentowane są także poprzez zmienne współczynniki geopotencjału stopnia pierwszego (C_{10}, C_{11}, S_{11}), które mogą być wyznaczone z obserwacji misji grawimetrycznej GRACE.

Przeprowadzone zostały czasowo-częstotliwościowe analizy mające na celu określenie zgodności pomiędzy szeregami czasowymi geocentrum otrzymanymi z technik geodezji satelitarnej oraz szeregami czasowymi geocentrum otrzymanymi na podstawie współczynników geopotencjału stopnia pierwszego. Wykryta zgodność pomiędzy analizowanymi szeregami czasowymi, głównie w paśmie oscylacji rocznej, pozwoliła na zaproponowanie geofizycznego modelu zmian współrzędnych środka mas Ziemi. Otrzymany model współrzędnych środka mas Ziemi reprezentuje zmiany położenia geocentrum, które wykryte zostały zarówno przez techniki geodezji satelitarnej jak również przez misję grawimetryczną.

Wykorzystanie pola magnetycznego oraz magnetometrów do wsparcia nawigacji lotniczej i drogowej.

Ireneusz Ogórek

Ziemskie pole magnetyczne jest obecnie bardzo zmienne więc mierzących obszarowe wariacje pola magnetycznego może umożliwić dodatkowe wsparcie w nawigacji zarówno pojazdów lądowych, jak i statków powietrznych. Oprócz tego wykorzystanie obszarowych generatorów stałego pola elektromagnetycznego jest szansą na przesyłanie dodatkowych informacji pojazdom poruszającym się po drogach. Ten dokument przedstawia ideę wykorzystania magnetometrów oraz generatorów elektromagnetycznych dla wspierania systemów nawigacji satelitarnej oraz zwiększenia poziomu bezpieczeństwa na drogach.

Multi-GNSS jako połączenie pomiarów GPS, GLONASS, i BDS wykonywanych w czasie rzeczywistym

Zbigniew Siejka

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Geodezji

Obecnie mamy do czynienia ze współlistnieniem czterech niezależnych Globalnych Systemów Nawigacji Satelitarnej (Global Navigation Satellite Systems - GNSS). Zaliczamy do nich: amerykański GPS (Global Positioning System), rosyjski GLONASS (Globalnaja Navigacjonnaja Sputnikowa Sistema), chiński BeiDou (Wielka Niedźwiedzica) oraz europejski system Galileo. Głównym zadaniem każdego z tych systemów jest niezależne wyznaczanie współrzędnych punktów na całej kuli ziemskiej i w bezpośrednim jej sąsiedztwie. Obecnie na skutek ich integracji, mamy możliwość korzystania z wielu systemów jednocześnie, co teoretycznie powinno wpływać na zwiększenie niezawodności, wydajności oraz dokładności pomiarów. W pracy zostały podjęte badania w tym zakresie, które polegały na przeprowadzeniu niezależnych testów z wykorzystaniem w pomiarach RTK, kombinacji trzech systemów pozycjonowania (GPS, GLONAS i BeiDou). Wyniki ich zostały przedstawione w pracy, wskazują one wyraźnie na korzyści wynikające z pomiarów zintegrowanych, Multi-GNSS.

"Umyślne zakłócenie pasma GPS (jamming): technologia ataku, obrony i wsparcia wg Stanagu NATO nr 4621".

mgr inż. Eryk J. Lipiński, GPS.PL Centrum Technik Lokalizacji GNSS i Orientacji INS/3D

W ostatnich latach obserwujemy powszechne uzależnienie witalnych systemów i infrastruktury od tzw. usług PNT. Jednocześnie w przypadku konfliktu można się spodziewać blokady przez USA działania cywilnego sygnału GPS a także obecności wrogich źródeł zakłóceń i przekłamań źródeł usług PNT. (jamming/spoofing). Wg doktryny NAVWAR istotne jest posiadanie pasywnych i aktywnych zabezpieczeń na taki wypadek. Szybki rozwój technologiczny rozwiązań GNSS oraz inercjalnych dostarcza szeregu narzędzi do realizacji doktryny NAVWAR, która została opisana w Stanagu NATO.

Podczas naszej prezentacji przedstawimy obserwowane przez nas trendy technologiczne na przykładzie rozwiązań z rynku cywilnego ("z półki"), podwójnego zastosowania oraz dedykowanych technologii specjalnych.

W szczególności przedstawimy ofensywne generatory zakłóceń służące do ochrony budowli stacjonarnych i obiektów w ruchu, urządzenia do wykrywania i dokumentowania przypadków zakłócania pasma GPS na poziomie lokalnym oraz krajowym.

Zaprezentujemy konkretne wdrożenie systemu ochrony przed zakłóceniami które okazało się skuteczne przeciwko separatystom ukraińskim, umożliwiając funkcjonowanie dronów obserwacyjnych organizacji OBWE w sytuacji ataku środkami walki elektronicznej.

Przydatność satelitów geosynchronicznych w systemach nawigacyjnych

Jacek Lamparski

Kujawsko-Pomorska Szkoła Wyższa

w Bydgoszczy

Streszczenie

Opisano funkcjonujące w systemach IRNSS, QZSS i Beidou satelity geosynchroniczne IGSO (Inclined Geosynchronous Satellite Orbit) i HEO (Highly-inclined Elliptical Orbit). W opisie pominięto satelity geostacjonarne. Na przykładzie satelitów chińskiego systemu nawigacyjnego omówiono szczegóły różniące satelity geosynchroniczne od satelitów MEO, funkcjonujących w tym systemie. Opisano zalety i cechy charakterystyczne satelitów geosynchronicznych.

1. Detektor zakłóceń systemu GNSS dla zastosowań lotniczych

(autorzy:

Karol Brzostowski, Katarzyna Szczygielska, Krzysztof Pilch, Stanisław Krzyżanowski – Astri
Polska

Damian Kordos, Piotr Grzybowski, Paweł Rzucidło – Politechnika Rzeszowska)

2. Automatyczne podejście do lądowania z wykorzystaniem korekcji ASG-EUPOS

(autorzy: Paweł Rzucidło, Piotr Grzybowski, Grzegorz Kopecki, Damian Kordos – Politechnika
Rzeszowska)

Problemy odporności na jamming w technologii GNSS

Andrzej Felski AMW